

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 07173574  
 PUBLICATION DATE : 11-07-95

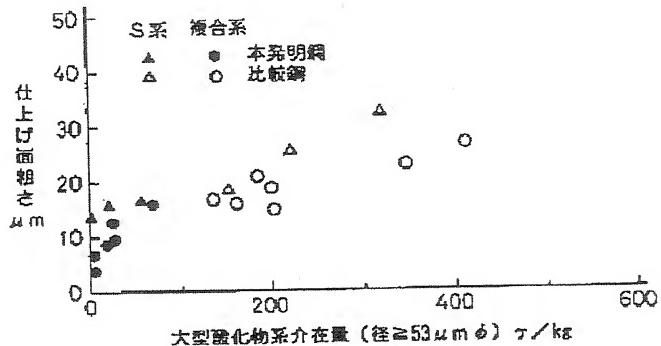
APPLICATION DATE : 21-12-93  
 APPLICATION NUMBER : 05322625

APPLICANT : NIPPON STEEL CORP;

INVENTOR : OGAWA TOSHIKUMI;

INT.CL. : C22C 38/00 C22C 38/06 C22C 38/60

TITLE : LOW CARBON SULFUR-BASED FREE CUTTING STEEL EXCELLENT IN MACHINABILITY



ABSTRACT : PURPOSE: To produce a low carbon sulfur-based free cutting steel excellent in machinability and the homogeneity of the material.

CONSTITUTION: This low carbon sulfur-based free cutting steel is a one having a compsn. contg., as fundamental components, by mass, 0.05 to 0.15% C, 0.5 to 2.0% Mn, 0.1 to 0.4% S, 0.05 to 0.10% P and 0.005 to 0.040% O, in which the content of Si is limited to ≤0.1% and Al to ≤0.009%, contg. N in the range of 20 to 150ppm, and the balance substantial Fe, and in which, among inclusions of one or more kinds among  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$  and  $\text{MnO}$  and/or inclusions in which ≥ two kinds among  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$  and  $\text{MnO}$  are bonded, the diameter of the inclusions including one or more kinds of oxides by ≥ 50% in total by mass is all regulated to <53μm, or among the inclusions, the number of the ones having ≥53μm diameter is regulated to ≤100 pieces per kg steel. Moreover, Pb, Bi and Te are incorporated therein by 0.01 to 0.40wt.% in total.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-173574

(43)公開日 平成7年(1995)7月11日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

C 22 C 38/00  
38/06  
38/60

識別記号 庁内整理番号

301 M

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 6 頁)

(21)出願番号

特願平5-322625

(22)出願日

平成5年(1993)12月21日

(71)出願人 000006655

新日本製鐵株式会社

東京都千代田区大手町2丁目6番3号

(72)発明者 磯部 浩一

北海道室蘭市仲町12番地 新日本製鐵株式会社室蘭製鐵所内

(72)発明者 草野 栄昌

北海道室蘭市仲町12番地 新日本製鐵株式会社室蘭製鐵所内

(72)発明者 林 浩明

北海道室蘭市仲町12番地 新日本製鐵株式会社室蘭製鐵所内

(74)代理人 弁理士 宇井 正一 (外4名)

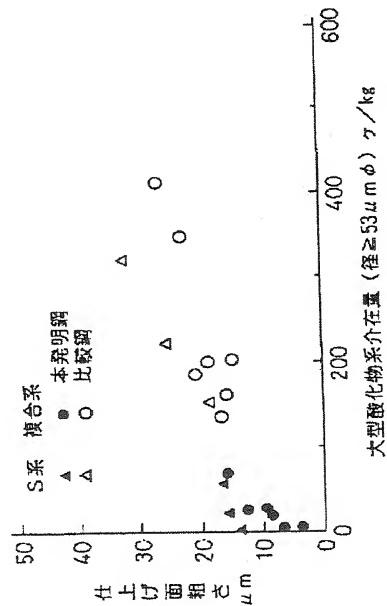
最終頁に続く

(54)【発明の名称】被削性の優れた低炭硫黄系快削鋼

(57)【要約】

【目的】被削性および材質の均質に優れた低炭硫黄系快削鋼を提供する。

【構成】質量%でC:0.05~0.15%、Mn:0.5~2.0%、S:0.1~0.4%、P:0.05~0.10%、O:0.005~0.040%を基本成分とし、さらにS1を0.1%以下、A1を0.009%以下に制限し、Nを2.0~1.50ppmの範囲で含有し、残部実質的にFeからなり、かつ、A1:O3:S1O2:MnOのうち1種以上、および/またはA1:O3:S1O2:MnOのうち2種以上が結合した介在物のうち1種以上の酸化物を質量で合計5.0%以上を含む介在物の径が全て53μm未満である、または、前記介在物のうち径が53μm以上のものは鋼1kg当たり100個以下である低炭硫黄快削鋼。さらに、Pb、Bi、Teをそれらのトータル重量で0.01~0.40%含有する低炭硫黄系複合快削鋼。



I

2

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 質量%でC:0.05~0.15%, Mn:0.5~2.0%, S:0.1~0.4%, P:0.05~0.10%, O:0.005~0.040%を基本成分とし、さらにSiを0.1%以下、Alを0.009%以下に制限し、Nを20~150ppmの範囲で、残部実質的にFeからなる鋼であって、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>、MnOのうち1種以上、および/またはAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>、MnOのうち2種以上が結合した介在物のうち1種以上の酸化物を質量で合計50%以上を含む介在物のうち径が53μm以上のものは鋼1kg当たり100個以下であることを特徴とする低炭硫黄快削鋼。

【請求項2】 更にPb、Bi、Teのうち少なくとも1種以上をそれらのトータル質量%で0.01~0.40%含有した請求項1記載の低炭硫黄系複合快削鋼。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は被削性に優れた低炭硫黄系快削鋼に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 従来、連続铸造法等で硫黄系快削鋼を製造する際の被削性改善方法について以下のようなものが提案されている。特公昭59-19182号公報では、連続铸造法で製造する際に、%[S]/%[C]×%[O]比を制限して、プローホールの発生を抑え、被削性に有害な脱酸生成物を作るAl、Si等の脱酸剤の添加や脱ガス処理を採用しない方法が提案されている。

【0003】 特開昭59-205453号公報ではSにTe、Pb及びBiを複合添加してしかも短径と長径がある値以上にすると共に長径/短径比が5以下のMnSが全MnSの50%以上を占める快削鋼製造方法が提案されている。特開昭62-23970号公報では連続铸造法による硫黄-鉛快削鋼でC、Mn、P、S、Pb、O、Si、Alの濃度範囲を規定すると共に、Mn硫化物系介在物の平均サイズや酸化物と結合していない硫化物系介在物の割合を規定する快削鋼を提案している。

【0004】 本発明者らの経験ではMnSの短径、長径や長径/短径比や、Mn硫化物系介在物の平均サイズや酸化物と結合していない硫化物系介在物の割合が特開昭59-205453号公報や特開昭62-23970号公報の条件を満足していても被削性が良好でなかったり、逆にこれらの条件を満足していなくても被削性が良好な場合があった。

【0005】 特開昭62-207547号公報及び特開昭62-207548号公報に開示されている発明は連続铸造法における比水量を制限したり、連続铸造機内で鋳片を保温、加熱して鋳片の冷却速度の低減を図り、MnS粒の大型化することで被削性の改善を達成しようとしている。また、特開平2-155548号公報では連続铸造

造の際のタンディッシュ溶鋼加熱度を10℃以上と共に鋳片断面内特定位置の冷却速度を特定値以下に制御して被削性を改善する方法が示されている。

【0006】 特開昭62-207547号、特開昭62-207548号及び特開平2-155548号公報に開示されている発明は既設の連続铸造機では設備制約から保温帯、加熱帯が設置できなかったり、暖冷却は鋳片形状によってはバルジングを助長し内部割れを発生し易くするため適用できない場合がある。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】 連続铸造法では低炭硫黄系快削鋼を製造しようとすると、各成分濃度が均一なため被削性を含めた鋼材の特性は均一なものが得やすいが、一般に鋳片の断面サイズは鋼塊に比べ小さく、それに起因してMnS系介在物のサイズが減少するため被削性が低下してしまう。鋳片の断面サイズが小さいほど被削性を確保する上で不利となる。

【0008】 本発明は連続铸造方法等で被削性等鋼材特性のロット内変動が少なくしようとする際にも被削性が優れた快削鋼を提供するものである。

## 【0009】

【問題点を解決するための手段】 本発明者らはスライム法で抽出されるような大型の酸化物系介在物（以降スライム介在物と称す）の量と被削性の関係について調査し、仕上面粗さやドリル寿命といった被削性に対してスライム介在物量が影響を及ぼし、その介在物量が増加すると被削性が劣化することを見出した。また、従来から指摘されているようなAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>系、SiO<sub>2</sub>系に加えAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>系、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-MnO系さらにMnO-SiO<sub>2</sub>系の大型酸化物及びこれらが複合化した大型介在物も被削性に有害なことを見出した。

【0010】 このような大型の酸化物系介在物が被削性を劣化させているといった知見に基づき従来の快削鋼に改良を加え、切削面の仕上面粗さやドリル寿命等が良好な被削性の優れた快削鋼を開発した。即ち、連続铸造法で製造される低炭硫黄系快削鋼において鋼中に含まれる被削性に有害な大型の酸化物系介在物の量を制限することで工具摩耗を抑制し、工具の寿命を延すと共に工具摩耗に起因する切削仕上面粗さの増大を防止しようとするものであり、その要旨とするところは下記のとおりである。

(1) 質量%でC:0.05~0.15%, Mn:0.5~2.0%, S:0.1~0.4%, P:0.05~0.10%, O:0.005~0.040%を基本成分とし、さらにSiを0.1%以下、Alを0.009%以下に制限し、Nを20~150ppmの範囲で、残部実質的にFeからなる鋼であって、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>、MnOのうち1種以上、および/またはAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>、MnOのうち2種以上が結合した介在物のうち1種以上の酸化物を質量で合計50%以上を含む

介在物のうち径が $5.3\mu\text{m}$ 以上の中のものは鋼1kg当たり100個以下であることを特徴とする低炭硫黄快削鋼。

【0011】尚、この鋼において前記介在物のうち径が $5.3\mu\text{m}$ 未満のものの個数は限定するものではなく、また、前記介在物の全ての径が $5.3\mu\text{m}$ 未満の鋼も含まれるのは言うまでもない。

(2) 上記快削鋼にPb、Bi、Teのうち少なくとも1種以上をそれらのトータル質量で0.01~0.40%含有した低炭硫黄系複合快削鋼。

【0012】

【作用】本発明の成分限定理由について以下に説明する。

C : Cは仕上面粗さ確保上0.05%以上が必要である。0.15%以上ではパーライト組織が多くなり、その結果被削性が低下する。そのため、C : 0.05~0.15%に限定した。

Mn : Mnは熱間圧延時にFeSの液膜脆化による熱間加工性の低下に起因する表面割れを防止するには0.5%以上が必要である。2.0%以上ではマトリックスの固溶Mn量が増大し、マトリックスが硬化するため被削性が低下する。そのため、Mn : 0.5~2.0%に限定した。

P : Pは仕上面粗さ改善には0.05%以上が必要である。0.10%以上では機械的性質、冷間加工性が劣化する。そのためP : 0.05~0.10%に限定した。

S : SはMnSを鋼中に生成させて仕上面粗さを改善するには0.1%以上が必要である。一方、冷間加工性を確保するには0.4%以下でなければならないので、S : 0.1~0.4%に限定した。

Pb、Bi、Te : これらの元素は切屑破砕性を向上すると共に仕上面粗さを向上させるためトータル質量で0.05%以上加えると被削性改善が図られる。しかし、トータル質量で0.4%を越えると熱間加工性および面疲労特性が劣化する。そのため、トータル質量を0.01~0.40%に限定した。

O : Oは0.005%以下ではMnSが小型化し被削性の劣化が大きいため0.005%以上が必要である。しかし、0.040%以上では耐火物の溶損が激しく、溶損した耐火物が鋼中に混入すると被削性が低下し、また、CO気泡の急激な発生による突沸現象が発生し、連続鋳造法では鋳造が困難となる。そこで、O : 0.005~0.040%に限定した。

Si、Al : Siが0.1%、Alが0.009%を越えると被削性に有害な硬質な酸化物であるSiO<sub>2</sub>やAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>が顕著に増加し、被削性を害するため、Siを0.1%以下、Alを0.009%以下に限定する必要がある。

N : Nは20~200ppmの範囲では工具寿命を顕著に低下させずに仕上面粗さを改善するので、この範囲に限定した。

【0013】非金属介在物の限定理由は、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-MnO、MnO-SiO<sub>2</sub>またはMnO-SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を質量で50%以上含有する酸化物系介在物は硬度が高い介在物であり、しかもこれらの介在物のうちその径が $5.3\mu\text{m}$ 以上の大型酸化物が増加すると工具摩耗が顕著となり、工具寿命の低下と仕上面粗さの増大を招く。

【0014】特公平3-37822号公報に記述されているように、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>系やSiO<sub>2</sub>系の介在物が被削性を劣化させることは知られているが、本発明者らが低炭系硫黄およびPb等を含有する複合快削鋼の被削性のバラツキ原因を調査した結果、被削性の悪い材料にAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>系やSiO<sub>2</sub>系介在物以外に、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-MnO、MnO-SiO<sub>2</sub>またはMnO-SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を多く含有する酸化物系介在物も工具摩耗を助長させることができた。Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-MnOまたはMnO-SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を多く含有する酸化物系介在物は純粋なAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>やSiO<sub>2</sub>程ではないがMnSに比べる硬度は数倍から数十倍の硬度を有し、そのため工具を摩耗させる原因となると考えられる。

【0015】また、被削性は上記被削性に有害な組成の介在物のサイズにも依存し、上記組成でも介在物径がミクロンやサブミクロンオーダーと微細に分散している限りは、それらの被削性に及ぼす影響は小さく、それらの介在物量が増加しても被削性の劣化はあまり認められない。本発明者が光学顕微鏡やスライム法で酸化物系介在物を調査した結果では、上記介在物のうち径が $1.0\mu\text{m}$ 以上のものが増加すると被削性に影響が認められ、特にスライム法が抽出されるような上記介在物のうち径が $5.3\mu\text{m}$ 以上のものが増加すると被削性は著しく劣化した。

【0016】図1には後述する本発明鋼と比較鋼における前記被削性に有害な酸化物のうち、その径が $5.3\mu\text{m}$ 以上の酸化物系介在物量とプランジカットの仕上面粗さの関係を示す。硫黄系およびPb等を含有する複合快削鋼共に、径が $5.3\mu\text{m}$ 以上の大型酸化物が増加するにつれ仕上面粗さ(Rz)が増大しているが、特に鋼材1kg当たりに含まれるスライム介在物量が100個を越えるとRzが顕著に悪化している。逆に鋼材中に含まれる上記介在物量を100(個/kg)以下に減少することで仕上面粗さは改善できる。尚、径が $5.3\mu\text{m}$ 以上の大型酸化物が減少すると $5.3\mu\text{m}$ 未満の酸化物も減少する傾向にあり、それらの減少も被削性の改善に寄与していると考えられる。

【0017】以上述べたような被削性に有害な上記大型の酸化物系介在物を減少させるには、Al、Siの濃度を前述の範囲に制御して上記介在物の生成を抑制するだけでは不十分であり、例えば、連続鋳造法で本快削鋼を

製造する場合は連鉄鋳片の断面サイズを大きくしたり、鋳造速度を小さくする、容量の大きいタンディッシュを使用する、タンディッシュ誘導加熱装置を用いて鋳造時の溶鋼過熱度を大きく取る、あるいは、垂直部を有する連続鋳造機を用いる等により、積極的に介在物の浮上分離を促進する必要がある。

【0018】以下に本発明の実施例に基づいて、さらに詳述する。

#### 【0019】

【実施例】本発明鋼の実施例として本発明の成分鋼および比較鋼について、 $162\text{ mm} \times 162\text{ mm}$ 断面の中断面ブルームに鋳造し、その鋳片を棒鋼工場の加熱炉で $1200^{\circ}\text{C}$ に加熱、圧延した $80\phi$ の棒鋼で被削性を調査した。また、比較鋼の製造では鋳造速度を $2.5\text{ m/min}$ としたが、発明鋼の製造では鋳造速度を $1.5\text{ m/min}$ に制限してストランド内に注入された大型介在物の浮上分離を図った。

【0020】被削性はプランジカット及びドリル切削で評価した。その被削試験条件は以下のとおりである。\*

\* プランジカット条件：①工具：SKH57、②切削速度： $80\text{ m/min}$

③送り： $0.05\text{ mm/rev}$ 、

④ $2\text{ sec}$ 切削/ $5\text{ sec}$ 非切削

仕上面粗さはJIS Rzで評価した。

【0021】ドリル穴開け条件：①工具：SKH9 10φ、

②切削速度： $70 \sim 90\text{ m/min}$

③送り： $0.33\text{ mm/rev}$ 、④切削油：有り

⑤ドリル切削性は $1000\text{ mm}$ 穴開けするのに最大可能切削速度 $V_{1.1000}$  ( $\text{m/min}$ ) で評価した。

【0022】酸化物系介在物はブルーム鋳片表層部から $40\text{ mm}$ 幅 $\times 40\text{ mm}$ 厚さ $\times 200\text{ mm}$ 長のサンプルを切出し、そのサンプルよりスライム法により酸化物系介在物を抽出し、EPMAで介在物組成を調査した。被削性調査結果を表1および2にまとめて示し、図1に大型介在物量と仕上げ面粗さの関係をプロットした。

【0023】

【表1】

【質量%】

	NO.	C	Si	Mn	P	S	T.Al	T.O	T.N
本 発 明 鋼	1	0.09	0.087	1.02	0.073	0.343	<0.001	232	44
	2	0.10	0.001	1.07	0.076	0.366	0.001	195	45
	3	0.90	0.031	0.61	0.069	0.333	<0.001	244	47
	4	0.10	0.001	0.99	0.072	0.325	<0.001	231	53
	5	0.09	0.002	1.00	0.076	0.332	<0.001	179	45
	6	0.11	0.001	1.05	0.073	0.325	0.001	211	47
	7	0.10	0.002	0.99	0.066	0.343	<0.001	179	49
	8	0.13	0.001	1.10	0.071	0.355	0.001	220	50
	9	0.08	0.002	0.95	0.074	0.341	<0.001	183	53
	10	0.12	0.002	1.11	0.068	0.352	0.001	211	42
比 較 鋼	11	0.13	0.052	1.00	0.068	0.322	0.001	217	44
	12	0.10	0.001	1.11	0.081	0.391	<0.001	200	46
	13	0.10	0.022	0.66	0.077	0.393	<0.001	244	47
	14	0.09	0.001	1.03	0.078	0.332	0.001	213	49
	15	0.10	0.002	1.02	0.072	0.337	0.001	195	50
	16	0.11	0.001	0.97	0.07	0.335	<0.001	225	53
	17	0.10	0.001	1.05	0.071	0.34	0.001	195	48
	18	0.12	0.001	1.10	0.067	0.327	<0.001	220	43
	19	0.09	0.001	1.03	0.075	0.339	0.001	185	46
	20	0.11	0.002	1.10	0.077	0.34	0.001	203	50

【0024】

【表2】

	NO.	Pb	Bi	Te	Pb+Bi+Te	大型酸化物 物量 ケ/kg $\geq 53$ $\mu\text{m}\phi$	仕上 面粗さ $\mu\text{m}$	ドリル 寿命 V.L. 1000 m/min
本発明鋼	1	%	%	%	%	56.1	17	77
	2					23.1	16	83
	3					3.7	14	80
	4	0.248			0.248	27.0	13	79
	5		0.230		0.230	29.9	10	83
	6			0.211	0.211	15.5	9	82
	7	0.170	0.063		0.233	19.7	9	80
	8	0.061		0.070	0.131	69.2	16	83
	9		0.153	0.047	0.200	5.8	7	81
	10	0.132	0.120	0.128	0.380	7.2	4	86
比較鋼	11					321.2	33	70
	12					151.9	19	76
	13					222.7	26	74
	14	0.251			0.251	135.0	17	73
	15		0.223		0.223	184.6	21	76
	16			0.221	0.221	347.7	23	75
	17	0.156	0.007		0.163	199.2	19	73
	18	0.071		0.060	0.131	411.1	27	69
	19		0.131	0.046	0.177	203.4	15	78
	20	0.139	0.120	0.111	0.370	160.8	16	81

【0025】Pb、Bi、Teを添加しない本発明鋼は表2のNo. 1～3鋼であり、それに対応する比較鋼はNo. 11～13鋼である。さらに、Pb、Bi、Teを添加した本発明鋼はNo. 4～10鋼で、その場合の比較鋼はNo. 14～20鋼である。

【0026】Pb、Bi、Teを添加した鋼、しなかつた鋼共にAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>—SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>—MnOまたはMnO—SiO<sub>2</sub>を主成分とする大型の酸化物系介在物が比較鋼に比べ少ない本発明鋼の方がそれらの介在物が多い比較鋼に比べ仕上面粗さ、ドリル寿命は頭著に改善されており、本発明鋼の方が被削性が優れている。

【0027】Pb、Bi、Teを添加しない本発明鋼とそれらを添加する比較鋼を比べると大型酸化物が大幅に

減少している本発明鋼の被削性は同等以上である。即ち、Pb、Bi、Teといった快削性元素を添加する従来鋼と同等以上の被削性を有する快削鋼がそれらの添加なしに製造できるようになり、その分製造コストを低減できる。

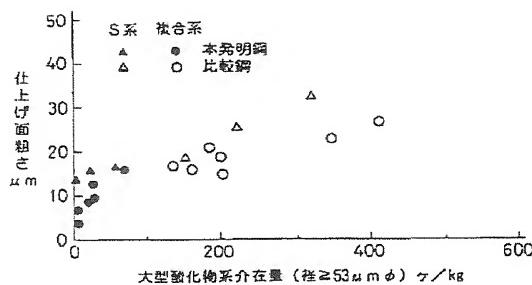
#### 【0028】

【発明の効果】以上の本発明の実施例からも明らかのように、連続鋳造法で本発明鋼を製造すれば、被削性等鋼材特性のロット内変動が少なく、しかも被削性に優れた快削鋼を提供することが可能であり、産業上の効果も極めて大きい。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】大型酸化物系介在物量と仕上げ面粗さの関係を示す図である。

【図1】



---

フロントページの続き

(72)発明者 小川 敏文  
北海道室蘭市仲町12番地 新日本製鐵株式  
会社室蘭製鐵所内